

[2]



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 42 42 726 A 1**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 B 39/00**  
G 01 B 21/32  
G 01 D 1/18  
G 01 L 5/18

21 Aktenzeichen: P 42 42 726.6  
22 Anmeldetag: 17. 12. 92  
43 Offenlegungstag: 23. 6. 94

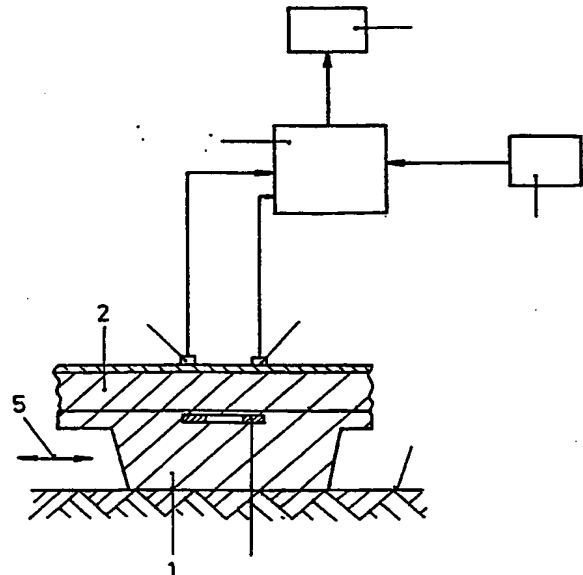
DE 42 42 726 A 1

71 Anmelder:  
Breuer, Bert, Prof. Dr.-Ing., 64342  
Seeheim-Jugenheim, DE  
74 Vertreter:  
Katscher, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 64293 Darmstadt

72 Erfinder:  
Breuer, Bert, Prof. Dr.-Ing., 64342  
Seeheim-Jugenheim, DE; Stöcker, Jörg, Dipl.-Ing.,  
64367 Mühlthal, DE; Roth, Jürgen, Dipl.-Ing., 63877  
Sailauf, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur Aquaplaning-Erkennung bei Fahrzeugreifen

57 Zur frühzeitigen Erkennung einer drohenden Aquaplaning-Gefahr wird die Verformung von Profilelementen (1) des Fahrzeugreifens (2) in Umfangsrichtung (5) beim Durchlauf durch den Reifenlatsch erfaßt. Angenähert in der Mitte des positiven Impulses des so ermittelten Signalverlaufs wird die Steigung des Signalverlaufs festgestellt. Wenn dieser Steigungswert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, wird ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst.



DE 42 42 726 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aquaplaning-Erkennung bei Fahrzeugreifen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Das Auftreten von Aquaplaning, d. h. das Aufschwimmen des Fahrzeugreifens durch Bildung eines Wasserkeils auf nasser Fahrbahn, stellt eine erhebliche Gefahr für den Fahrbetrieb eines Kraftfahrzeugs dar. Eine besondere Gefährdung ergibt sich dadurch, daß Aquaplaning ohne wesentliche, vom Fahrer erkennbare Vorwarnung auftritt.

Die für die Übertragung von Brems-, Beschleunigungs- und Seitenführungskräften erforderliche Reibung zwischen den Fahrzeugreifen und der Fahrbahn ist nur dann in ausreichendem Maße gegeben, wenn der Fahrzeugreifen beim Abrollen auf einer einen Wasserfilm aufweisenden Fahrbahn diesen Wasserfilm zumindest in einem wesentlichen Teil des Abplattungsbereichs des Reifens verdrängt, so daß dort eine unmittelbare Berührung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn gewährleistet ist. Diese Verdrängung des Wasserfilms erfolgt teilweise durch das Drainagevermögen der Fahrbahn und teilweise durch Drainage in den Profilaussparungen des Fahrzeugreifens. Da die Wassermenge, die je Zeiteinheit aus dem Reifenlatsch durch Drainage verdrängt werden kann, begrenzt ist, bildet sich mit steigender Fahrgeschwindigkeit und in Abhängigkeit von der Wasserhöhe im Einlaufbereich des Reifenlatsches ein Wasserkeil aus. Je mehr die Geschwindigkeit ansteigt, desto weiter schiebt sich der Wasserkeil unter den Reifenlatsch. Die für den sicheren Fahrbetrieb notwendigen Horizontalkräfte können dann nur noch in dem hinteren Bereich des Reifenlatsches übertragen werden, der noch nicht von dem Wasserkeil erfaßt wurde.

Je weiter der Wasserkeil in den Reifenlatsch eindringt, umso kleiner wird die Berührungsfläche zwischen dem Fahrzeugreifen und der Fahrbahn. Schließlich schwimmt der Fahrzeugreifen auf einem hydrodynamischen Wasserfilm auf. In diesem als "Aquaplaning" bezeichneten Zustand können praktisch keine Horizontalkräfte mehr übertragen werden. Durch den Wegfall der Seitenführungskräfte und der möglichen Bremskräfte ist das Fahrzeug in diesem Zustand nicht mehr beherrschbar.

Da der Fahrer die Gefahr von Aquaplaning erst durch den Wegfall der Seitenführungskräfte im Lenkverhalten spürt, fehlt die Möglichkeit einer Vorwarnung praktisch völlig. Der Fahrer kann nur aus dem Vorhandensein eines Wasserfilms auf der Fahrbahn und aus der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit ganz global abschätzen, ob die Gefahr von Aquaplaning besteht.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Gattung zu schaffen, mit dem eine Früherkennung der drohenden Gefahr von Aquaplaning möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der so ermittelte Signalverlauf ausgewertet wird und daß in Abhängigkeit von vorgegebenen Auswertungskriterien ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird.

Die Aufgabe wird gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dadurch gelöst, daß die Verformung von Profilelementen des Fahrzeugreifens in Umfangsrichtung beim Durchlauf durch den Reifenlatsch erfaßt wird, daß angenähert in der Mitte des positiven Impulses des so ermittelten Signalverlaufs die Steigung des

Signalverlaufs festgestellt wird und daß ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird, wenn der so festgestellte Steigungswert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet. Gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Lösung darin, daß das Minimum der Ableitung in einem Bereich festgestellt wird, der die ersten zwei Drittel des positiven Impulses des Signalverlaufs umfaßt.

Im Rahmen der Erfindung wurde erstmalig erkannt, daß aus dem Verformungsverhalten von Profilelementen im Fahrzeuglatsch, d. h. in dem auf der Fahrbahn aufliegenden, abgeplatteten Bereich des Fahrzeugreifens, Rückschlüsse auf den Beginn der Bildung eines Wasserkeils möglich sind, und zwar schon in einem Fahrzustand, in dem noch eine ausreichende Reibung durch unmittelbare Berührung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn gegeben ist, so daß der Fahrer noch keinerlei Änderungen des Fahrverhaltens spüren kann.

Wenn durch das erfindungsgemäße Verfahren festgestellt wird, daß sich der zeitliche Verlauf der Verformung der Profilelemente des Fahrzeugreifens beim Durchlauf durch den Reifenlatsch wesentlich und typisch ändert, insbesondere von dem zeitlichen Verformungsverlauf, der bei trockener Fahrbahn ermittelt wurde, abweicht, so wird ein Signal ausgelöst, das dem Fahrer die drohende Gefahr von Aquaplaning anzeigt. Der Fahrer weiß dann, daß bei einer Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und/oder bei einer Vergrößerung der Dicke des Wasserfilms auf der Fahrbahn Aquaplaning auftreten kann; der Fahrer kann dann sein Fahrverhalten entsprechend einrichten. Statt dessen oder zusätzlich kann ein aktives Sicherheitssystem des Fahrzeugs ausgelöst werden, beispielsweise zur Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Signalverlauf mit einem vorgegebenen, aus Meßergebnissen bei trockener Fahrbahn abgeleiteten Signalverlauf verglichen wird und daß bei Überschreiten einer vorgegebenen Abweichung das die Aquaplaning-Gefahr anzeigende Signal ausgelöst wird.

Die Aufgabe wird gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dadurch gelöst, daß die Verformung von Profilelementen des Fahrzeugreifens in Umfangsrichtung beim Durchlauf durch den Reifenlatsch erfaßt wird, daß angenähert in der Mitte des positiven Impulses des so ermittelten Signalverlaufs die Steigung des Signalverlaufs festgestellt wird und daß ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird, wenn der so festgestellte Steigungswert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet. Gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Lösung darin, daß das Minimum der Ableitung in einem Bereich festgestellt wird, der die ersten zwei Drittel des positiven Impulses des Signalverlaufs umfaßt.

Der hier als "positive Impuls" bezeichnete Abschnitt des ermittelten Signalverlaufs entspricht definitionsgemäß der Verformung der Profilelemente im Einlaufbereich des Reifenlatsches entgegen der Drehrichtung des Reifens.

Eine vorteilhafte Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist Gegenstand der Ansprüche 9 und 10.

Es ist zwar bekannt (DE-OS 39 37 966), in die Profilelemente von Fahrzeugreifen Sender einzubetten, deren Abstandsänderung zu an der Reifeninnenseite angeordneten Empfängern ein Signal liefern, das die Verformung des Profilelements beschreibt. Die so gewonnenen Signale wurden aber nicht zur Erkennung drohen-

der Aquaplaning-Gefahr ausgewertet.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellungsweise einen Teillängsschnitt durch den Reifenlatsch eines Fahrzeugreifens mit einer schematisch dargestellten Auswerteeinrichtung.

Fig. 2 ein Diagramm der Verformung eines Profilelements beim Durchlaufen des Reifenlatsches bei trockener Fahrbahn und beim Vorhandensein eines Wasserfilms auf der Fahrbahn bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten,

Fig. 3 ein Diagramm, das die bei der Kurve nach Fig. 2 ermittelten Steigungen der Tangenten darstellt,

Fig. 4 ein Diagramm der Ableitungen der Kurven aus dem Diagramm nach Fig. 2 und

Fig. 5 ein Diagramm, das die bei den Kurven nach Fig. 4 ermittelten Minima darstellt.

Wie in Fig. 1 dargestellt, ist in ein Profilelement (Reifenstollen) 1 eines Fahrzeugreifens 2 als Sender 3 ein Permanentmagnet eingebettet. An der Reifeninnenseite sind als Empfänger 4 mindestens zwei Hallgeneratoren angebracht, die auf Abstandsänderungen zum Sender 3 ansprechen.

Wenn das Profilelement 1 beim Durchlaufen des Reifenlatsches in der in Fig. 1 mit einem Doppelpfeil 5 gekennzeichneten Umfangsrichtung des Fahrzeugreifens 2 verformt wird, ergeben sich Abstandsänderungen zwischen dem Permanentmagneten 3 und den Hallgeneratoren 4. Diese liefern an eine in Fig. 1 nur schematisch angedeutete Auswerteeinrichtung 6 jeweils ein Signal, das diese Abstandsänderungen und damit die Verformung des Reifenelements 1 in Umfangsrichtung beschreibt.

In der als Rechner ausgeführten Auswerteeinrichtung 6 wird aus dem so ermittelten Signalverlauf der positive Impuls der Profilelementverformung im Einlaufbereich des Reifenlatsches entgegen der Drehrichtung des Reifens herausgegriffen; in der Mitte dieses positiven Impulses wird die Steigung des Signalverlaufs festgestellt, d. h. an die Kurve des Signalverlaufs wird eine Tangente angelegt. Die Steigung dieser Tangente ist ein Maß für die jeweilige Aquaplaning-Gefahr. Deshalb wird der an dieser Stelle festgestellte Steigungswert mit einem durch eine Eingabevorrichtung 7 eingegebenen Schwellenwert verglichen, und es wird ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst, wenn der so festgestellte Steigungswert den Schwellenwert unterschreitet.

Der Schwellenwert wird so gewählt, daß das Signal ausgelöst wird, wenn die beginnende Ausbildung eines Wasserkeils zwischen der Berührungsfläche des Fahrzeugreifens 1 und der Fahrbahnoberfläche 8 am Anfang des Reifenlatsches so weit fortgeschritten ist, daß die Gefahr von Aquaplaning besteht. Das Signal wird an eine Anzeige- oder Alarmeinrichtung 9 geliefert und löst dort ein optisches und/oder akustisches Warnsignal für den Fahrer aus. Zusätzlich oder unabhängig davon kann auch vorgesehen sein, daß das Signal ein aktives Sicherheitssystem des Fahrzeugs auslöst, beispielsweise eine Steuereinrichtung, die die Fahrgeschwindigkeit vermindert.

Fig. 2 zeigt die Signalverläufe, die die Verformung eines Profilelements beim Durchlaufen des Reifenlatsches in positiver Umfangsrichtung, d. h. entgegen der Drehrichtung des Fahrzeugreifens darstellen, und zwar — mit unterschiedlichen Strichen dargestellt — bei trockener Fahrbahn und bei einer Wasserhöhe von un-

gefähr 10 mm bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Der positive Impuls erstreckt sich jeweils vom Beginn  $L_0$  der Verformung bis zum Nulldurchgang  $L_1$  des Signalverlaufs. In der mit  $L_T$  gekennzeichneten Mitte des positiven Impulses zwischen  $L_0$  und  $L_1$  wird jeweils die Tangente T an die Kurve des Signalverlaufs gelegt.

Die Steigungswerte dieser Tangenten sind in Fig. 3 dargestellt. Hierbei ist der vorgegebene Schwellenwert S eingetragen. Man erkennt, daß beim dargestellten Ausführungsbeispiel die Steigung der Tangente an den Signalverlauf bei 80 km/h und nasser Fahrbahn den Schwellenwert S unterschreitet, d. h. hier besteht die Gefahr von Aquaplaning.

Abweichend von dem beschriebenen Beispiel kann auch vorgesehen werden, daß in der Auswerteeinrichtung 6 der ermittelte zeitliche Signalverlauf rechnerisch differenziert wird, d. h. es wird die erste Ableitung des Signalverlaufs gebildet. Diese Kurven sind in Fig. 4 wiederum für unterschiedliche Fahrbahn- und Geschwindigkeitsverhältnisse dargestellt. In einem Bereich, der vorzugsweise die ersten zwei Drittel des positiven Impulses des Signalverlaufs (Fig. 2) umfaßt, wird das Minimum der Amplitude der durch das Differenzieren gebildeten Ableitung (Fig. 4) festgestellt. In Fig. 5 sind diese Minima der vier Signalverläufe aus Fig. 4 aufgetragen. Man erkennt, daß auch hier das aus dem Signalverlauf für nasse Fahrbahnen bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 km/h ermittelte Minimum den vorgegebenen Schwellenwert  $S_a$  unterschreitet, so daß in der Einrichtung 9 ein Warnsignal ausgelöst und/oder ein aktives Sicherheitssystem des Fahrzeugs aktiviert wird, weil die Gefahr von Aquaplaning besteht.

Es hat sich gezeigt, daß die nach dem zuletzt beschriebenen Verfahren ermittelten Minima der Ableitungen der Signalverläufe angenähert linear mit der Fahrgeschwindigkeit bei gleichen Fahrbahnverhältnissen verlaufen. Diese Minima geben somit unmittelbar ein Maß für die Größe der Aquaplaning-Gefahr.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aquaplaning-Erkennung bei Fahrzeugreifen, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung von Profilelementen (1) des Fahrzeugreifens (2) in Umfangsrichtung beim Durchlauf durch den Reifenlatsch erfaßt wird, daß der so ermittelte Signalverlauf ausgewertet wird und daß in Abhängigkeit von vorgegebenen Auswertungskriterien ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Signalverlauf mit einem vorgegebenen, aus Meßergebnissen bei trockener Fahrbahn abgeleiteten Signalverlauf verglichen wird und daß bei Überschreiten einer vorgegebenen Abweichung das die Aquaplaning-Gefahr anzeigende Signal ausgelöst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß angenähert in der Mitte des positiven Impulses des so ermittelten Signalverlaufs die Steigung des Signalverlaufs festgestellt wird und daß ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird, wenn der so festgestellte Steigungswert einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Signalverlauf der Verformung von Profilelementen rechnerisch differen-

ziert wird und daß die Amplitude der so ermittelten ersten Ableitung des Signalverlaufs zu einem angenähert in der Mitte des positiven Impulses des Signalverlaufs liegenden Zeitpunkt erfaßt und mit dem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird. 5

5. Verfahren zur Aquaplaning-Erkennung bei Fahrzeugreifen, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung von Profilelementen (1) des Fahrzeugreifens (2) in Umfangsrichtung beim Durchlauf durch den Reifenlatsch erfaßt wird, daß der so ermittelte 10 zeitliche Signalverlauf rechnerisch differenziert wird, daß in einem mindestens angenähert das mittlere Drittel des positiven Impulses des Signalverlaufs umfassenden Bereich das Minimum der Amplitude der durch das Differenzieren gebildeten 15 Ableitung festgestellt wird, und daß ein die Aquaplaning-Gefahr anzeigendes Signal ausgelöst wird, wenn das so festgestellte Minimum einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Minimum der Ableitung in einem Bereich festgestellt wird, der die ersten zwei Drittel des positiven Impulses des Signalverlaufs umfaßt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß das die Aquaplaning-Gefahr anzeigende Signal ein optisches und/oder 25 akustisches Warnsignal für den Fahrer auslöst.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß das die Aquaplaning-Gefahr anzeigende Signal ein aktives Sicherheitssystem des Fahrzeugs aus löst. 30

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—8, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem Profilelement (1) des Fahrzeugreifens (2) ein Sender (3) eingebettet 35 ist, daß an der Reifeninnenseite bzw. an der Fahrzeugfelge mehrere Abstandsänderungen zum Sender (3) erfassende Empfänger (4) angeordnet sind, die ein die Verformung des Reifenelements (1) in Umfangsrichtung (5) beschreibendes Signal an eine 40 Auswerteeinrichtung (6) liefern.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Sender (3) ein Permanentmagnet ist und die Empfänger (4) Hallgeneratoren sind. 45

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

**- Leerseite -**

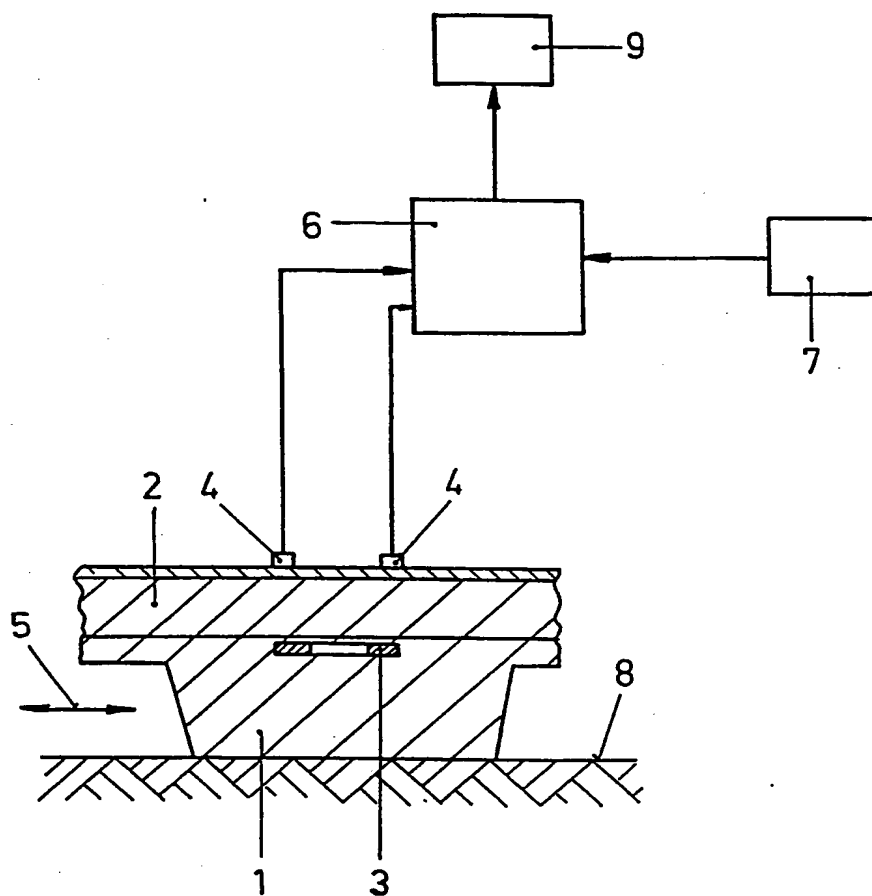


FIG. 1

Profilelementverformung bei Fahrt auf bewässerter Fahrbahn

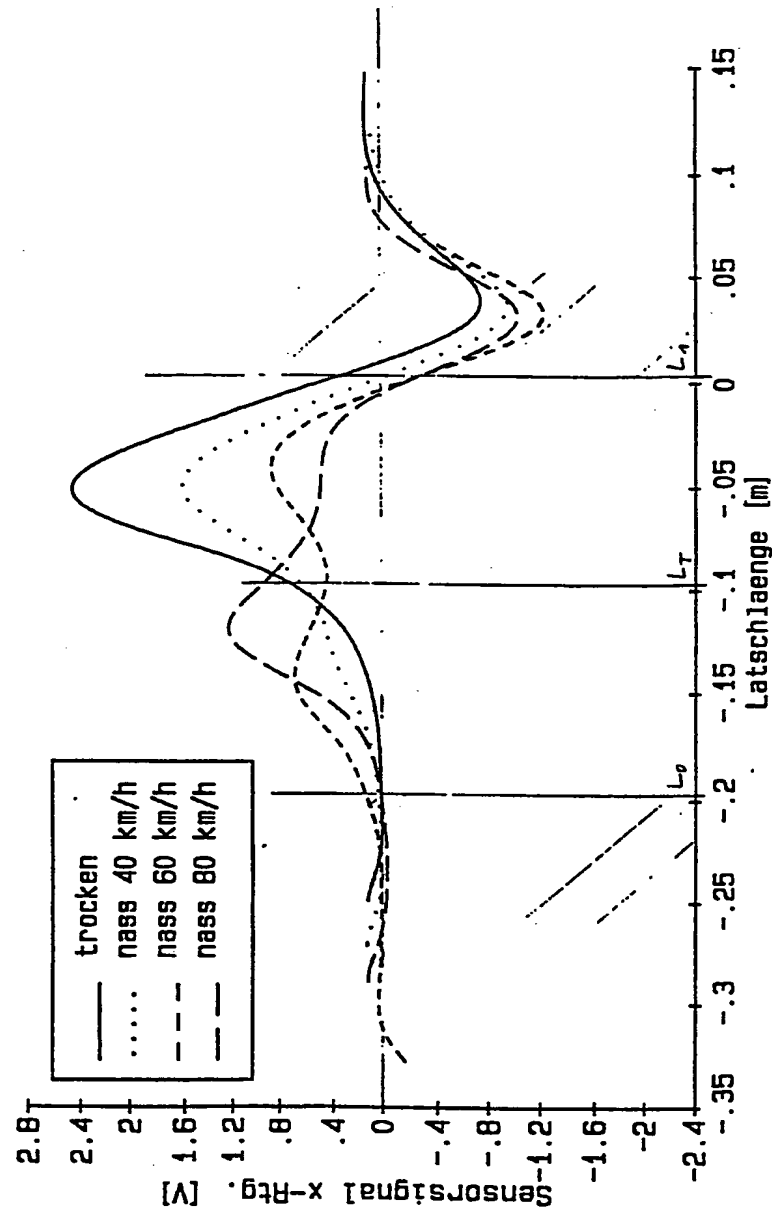
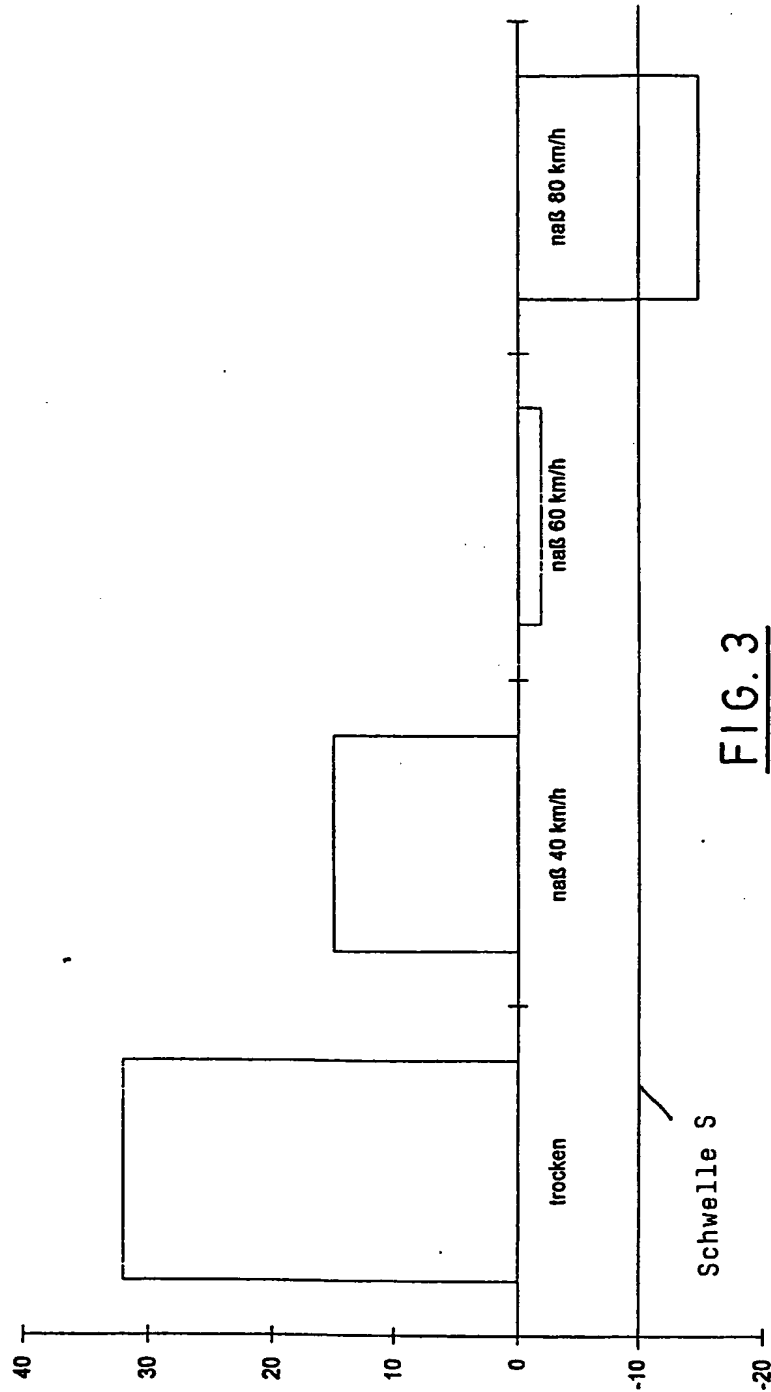


FIG. 2

Steigung der Tangente





Profilelementverformung bei Fahrt auf bewässerter Fahrbahn  
- differenziertes Signal -

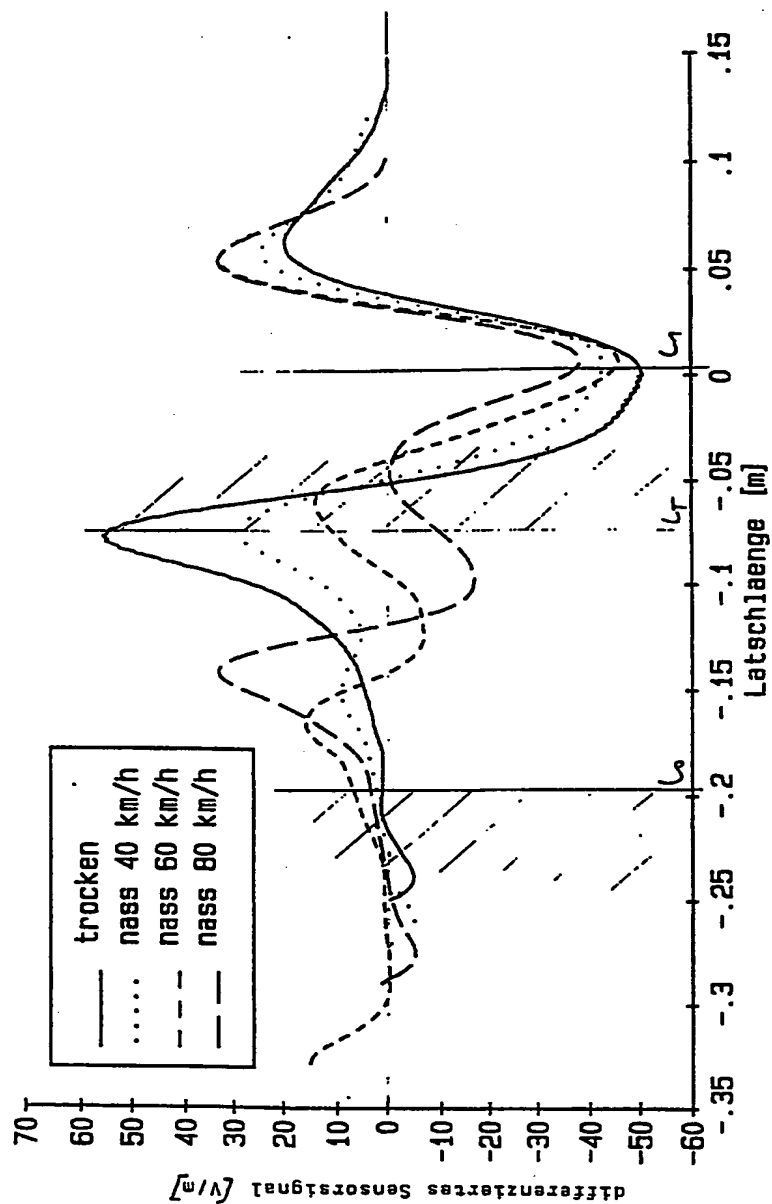


FIG. 4

Minimum des differenzierten Signals

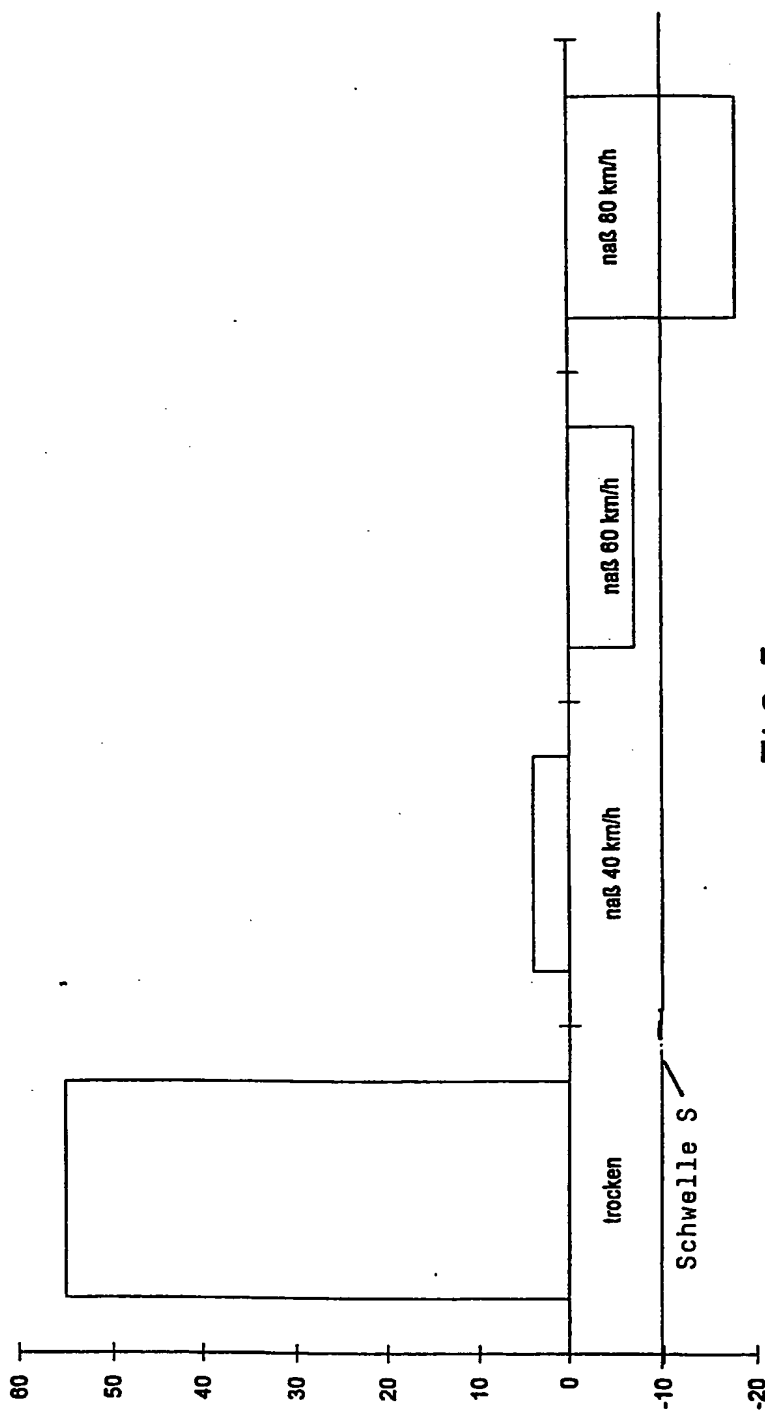


FIG. 5